

# RECICLAGEM DE IMPRESSORAS NO ENSINO DE COMPUTAÇÃO FÍSICA

S. Shahidian<sup>1</sup>, R.P.Serralheiro<sup>2</sup>, J.M.Serrano<sup>3</sup> e R.M.Machado<sup>4</sup>

1 ICAAM, Universidade de Évora, Apt.94, Núcleo de Mitra, [shakib@uevora.pt](mailto:shakib@uevora.pt)

2 ICAAM, Universidade de Évora, Apt.94, Núcleo de Mitra, [ricardo@uevora.pt](mailto:ricardo@uevora.pt)

3 ICAAM, Universidade de Évora, Apt.94, Núcleo de Mitra, [jms@uevora.pt](mailto:jms@uevora.pt)

4 ICAAM, Universidade de Évora, Apt.94, Núcleo de Mitra, [rmam@uevora.pt](mailto:rmam@uevora.pt)

## RESUMO

Apesar da importância crescente da informática e electrónica no dia-a-dia da sociedade e dos profissionais é surpreendente constatar que o sistema educativo abandonou o ensino destes temas nos cursos de Engenharia e ciências em geral. Os impactos desta lacuna na competitividade da nossa economia são facilmente previsíveis. De forma a contrariar essa tendência a Universidade de Évora está a oferecer disciplinas optativas de automação e electrónica aos cursos da área de Agronomia. O desafio principal é transmitir os conhecimentos necessários numa janela de tempo muito reduzido. A solução adoptada passa pela realização de projectos práticos que estimulam o interesse e o zelo dos alunos. Para controlar os custos inerentes a projectos práticos, recorreu-se à reciclagem de impressoras enquanto fonte de diversos componentes electrónicos e electromecânicos. Anualmente um número elevado de impressoras é descartado, sendo a sua maioria depositada em aterros sanitários e uma pequena parte triturada e derretida para a recuperação dos componentes metálicos. Uma das impressoras mais amplamente disponíveis é a Hp série 600 que foi fabricada entre 1994 e 2000. Estas impressoras, uma vez desmontadas, podem fornecer vários componentes úteis para as aulas de electrónica, tais como: 2 motores de passos, um motor 12V completo com engrenagem e carrinho, um termómetro de precisão LM35DZ, um relé de contacto, um interruptor de infra-vermelhos, duas LDRs e um cabo LPT de alta qualidade que pode ser usado em projectos de automação a partir da porta LPT do PC. Os quatro anos de experiência demonstram que os alunos estão dispostos a desmontar o equipamento e cuidadosamente extrair os componentes. Com as ferramentas adequadas, dois alunos podem desmontar uma impressora e remover as peças em menos de 15 minutos. Este artigo apresenta a experiência de quatro anos de ensino de electrónica e computação física aos cursos de agronomia e fornece exemplos de circuitos e usos para as peças recicladas.

**Palavras-chave:** reciclagem de impressoras, desmantelamento de impressoras, ensino de electrónica

## INTRODUÇÃO

Depois do “boom” de informática nos anos 80 e 90 do século passado, em que a programação fazia parte dos currículos de todos os cursos de Engenharia, hoje constata-se que a programação e a electrónica estão relegados para o segundo plano, tendo praticamente desaparecido dos currículos dos cursos superiores. Efectivamente, os conhecimentos elementares de informática na óptica do utilizador são considerados suficientes para os futuros profissionais. Surpreendentemente, quanto mais a electrónica e informática dominam as nossas vidas, menos importância assumem estes temas ao nível dos cursos de ensino superior. Para contrariar esta tendência, a Universidade de Évora começou, em 2007, a oferecer disciplinas optativas de electrónica aplicada às ciências agrárias. Foi oferecida a disciplina de Sistemas de Informação e Automação aos alunos de Ciência e Tecnologia Animal e a disciplina de Informática e Electrónica em Zootecnia de Precisão aos alunos do Mestrado em Zootecnia. Nestes cursos pretende-se transmitir noções práticas de criação e funcionamento de sistemas electrónicos básicos utilizados

em ciência animal. Estes cursos essencialmente práticos pretendem dotar os alunos com a capacidade de projectar e construir sistemas de automação simples. O desafio principal para o êxito destas disciplinas prende-se com o facto de, por um lado, os alunos terem pouca ou nenhuma formação em informática e electrónica, e por outro ser necessário transmitir as competências num espaço temporal muito curto de 20-25 horas.

O método escolhido para conseguir os objectivos preconizados foi a realização de trabalhos práticos de projecto. Os alunos ao trabalhar sobre projectos do seu interesse são levados a estudar e explorar novos conhecimentos e desenvolver competências de uma forma natural. Efectivamente, o entusiasmo com a criação dos trabalhos demonstrou ser motivação suficiente para ultrapassar as dificuldades inerentes ao quadro temporal reduzido. O obstáculo remanescente seria o da obtenção do material electrónico e eléctrico para a construção dos projectos atendendo às limitações orçamentais. A solução encontrada foi reciclar impressoras.

Estima-se que existam pelo menos 1000 impressoras na Universidade de Évora, com uma expectativa de vida de cinco anos, o que traduz um fluxo anual de 200 impressoras descartadas disponíveis gratuitamente para as aulas. Uma das impressoras mais amplamente disponíveis e úteis é a HP série 600, fabricada entre 1994 e 2000 e que se verificou ser uma fonte ideal de diversos componentes electrónicos e electromecânicos.

Este trabalho apresenta os resultados da experiência de quatro anos com desmantelamento e reciclagem das impressoras num ambiente didáctico, descreve os componentes recuperados e alguns usos no ensino de electrónica. Além disso, descreve como este programa pode ajudar o processo normal de reciclagem das impressoras.

### **Impressoras e a sua reciclagem**

Em 2010, mais de 125 milhões de impressoras foram vendidas em todo o mundo, das quais, mais de 52 milhões foram produzidas pela HP (Bienvenu, 2011), a que corresponde um aumento de 12% sobre volumes de 2009, sendo de prever a continuação desta tendência nos próximos anos. Assumindo um peso médio de 5 kg por unidade, esse número equivale a um total de 750 000 toneladas de lixo electrónico que precisa de ser reciclado anualmente. O processo de reciclagem convencional consiste em triturar o equipamento até se obter um triturado fino, e depois separar os materiais usando as suas propriedades físicas e químicas. Os produtos finais deste processo de reciclagem são metais ferrosos, metais misturados, plásticos mistos e material indiferenciado. Em seguida, cada lote de materiais é vendido para processamento posterior.

Os metais constituem 57 por cento do peso total de produtos obtidos pela trituração de sucata electrónica (Klatt, 2003), pelo que muitos processos de reciclagem se concentram principalmente na recuperação de metais e metais preciosos. Os metais utilizados são principalmente o ferro, ferro fundido, aço inoxidável e outras ligas de aço, alumínio e ligas de alumínio, ligas de cobre, chumbo e zinco.

Os materiais plásticos representam 19 por cento do lixo electrónico total (Klatt, 2003). Um dos problemas com a reciclagem e recuperação de plásticos é a dificuldade em separar as peças por tipo de plástico. Devido à incompatibilidade de diversos materiais plásticos, as partes desmontadas dos aparelhos devem ser identificadas e classificadas em diferentes tipos de plástico. Estudos demonstram que menos de 1% dos plásticos existente nos aparelhos electrónicos são realmente recuperados para incorporação em novos equipamentos (Dillon e Aqua, 2000).

A Hp, a maior empresa mundial de produtos electrónicos, começou em 1998 um programa global de retoma e reciclagem de equipamento, no âmbito do seu programa *Planet Partners*, que foi considerado como o programa mais abrangente de retoma de equipamento no mundo (Degher, 2002). Neste programa o equipamento é triturado em pedaços pequenos e, posteriormente, separado nos seus componentes (aço, alumínio, cobre, plástico, etc.). Uma vez separados, estes

materiais são enviados para empresas de reciclagem especializadas ou utilizados para recuperação de energia (Brigden et al, 2005).

## RESULTADOS

Cada grupo de dois alunos recebe um conjunto de equipamento, incluindo um microcontrolador, um voltímetro, uma bateria de 12V, um painel solar e ferramentas e peças diversas. Recebem ainda uma impressora em fim de vida para desmontar e utilizar as peças. Os alunos conseguem desmontar completamente a impressora e separar os componentes em menos de 15 minutos. As 72 peças individuais de uma impressora são apresentadas na Figura 1. No Quadro 1 são apresentados os componentes constituintes, identificados por tipo de material e peso. Note-se que, uma vez retirados os componentes reutilizáveis, praticamente todos os demais componentes podem ser separados em materiais simples, prontos para a reciclagem e mistura com material virgem. Apenas cerca de 10% (500 g) da massa de cada impressora são materiais indiferenciados que necessitam de separação adicional antes da reciclagem.



Figura 1. Componentes de uma impressora HP série 600.

Os componentes mais úteis são 2 motores de passos, um motor de 12 V equipado com um carrinho e engrenagens, um termómetro LM35DZ, um relé de contacto, um interruptor com fotodiodo e dois LDRs. Uma consulta às lojas de especialidade revelou que o custo total de aquisição desse equipamento ronda os 70€ (Quadro 2).

Quadro 1. Componentes de uma impressora HP série 600 discriminados por material e massa.

	<i>Massa, g</i>	<i>Material</i>	<i>Destino</i>
<b><i>Componentes reutilizáveis</i></b>			
Motor PM55L	219,2	Metais ferrosos	Reutilização
Motor PM35L	180,7	Metais ferrosos	Reutilização
Motor C2162-6006	221,1	Metais ferrosos	Reutilização
Placa de sensores	11,4	Comp. electrónicos	Reutilização
Fita + sensor	10,9	Comp. electrónicos	Reutilização
Cabo LPT		Cobre e PE	Reutilização
<b><i>Componentes ferrosos</i></b>			



rápida na sala de aula. O integrado tem um ganho de 0.01V por °C, o que facilita imenso a leitura de temperaturas com o conversor A/D incorporado nos microprocessadores AVR.

Um dos primeiros projectos no curso é normalmente a montagem de um termómetro digital utilizando o termómetro LM35. Os outros componentes necessários para realizar este projecto são um LCD e um microcontrolador. A Figura 3 apresenta um termómetro digital construído utilizando apenas uma placa C2162. É possível acrescentar muitas funções utilizando os dois interruptores, entre elas, a indicação da temperatura média quando se carrega no relé de contacto.

#### *Interruptor fotodiodo/fotoreceptor*

Um outro componente interessante na placa de sensores é o interruptor com saída fototransistor, que é utilizado pela impressora para detectar o papel. É construído por um emissor LED no espectro do infra-vermelho próximo (850-940nm), e um sensor. A luz de infra-vermelhos é transmitida num dos lados da abertura e se não houver nada a interromper a sua passagem, é recebida no outro lado da abertura.

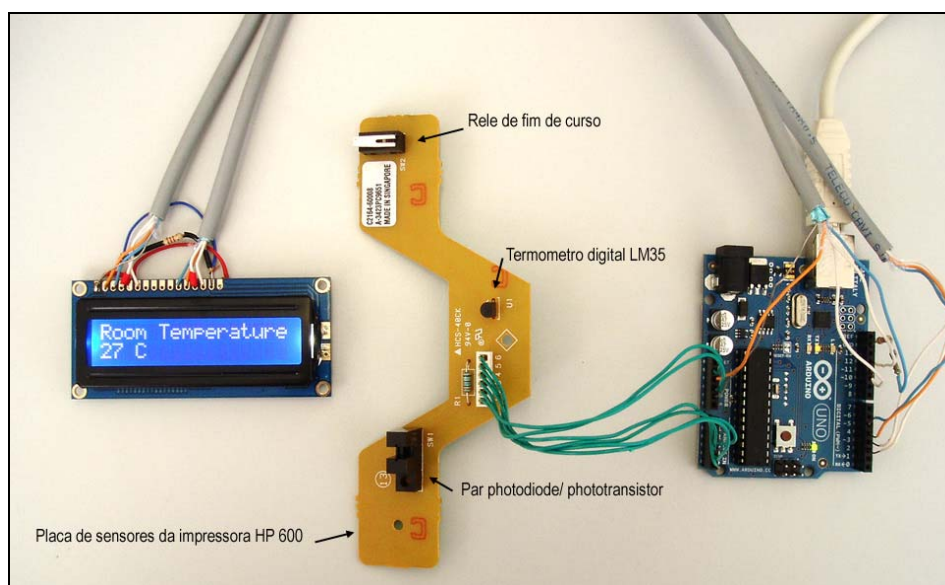


Figura 3. Termómetro digital construído com uma placa de sensores de uma impressora HP série 600.

#### *Interruptor básico Omron*

A Hp instalou um interruptor de baixa força para detectar a abertura da tampa da impressora. O interruptor está montado na placa de sensores, mas pode ser retirado facilmente. Nas aulas é utilizado como um interruptor comum e para o controlo de fim-de-curso na automação.

#### **Motores de passos**

Os componentes mais preciosos fornecidos pela impressora são dois motores de passos unipolares: os motores de imã permanente PM55L e PM35L, fabricados pela NMB. Estes motores de passos podem ser usados em robótica e em automação, uma vez que podem posicionar a cabeça com grande precisão. Nas impressoras HP série 600 o PM35L é usado para limpar a cabeça de impressão e vem montado com um elevador que proporciona um movimento vertical. É muito útil na visualização e implementação de projectos com motores de passo e permite potenciar a aprendizagem dos alunos. Um integrador com pares "Darlington", como por exemplo o UNL2003A pode ser usado para controlar facilmente o motor de passos com o sinal TTL do microcontrolador. O PM55L é o motor de alimentação de papel para a impressora, e é um

poderoso motor de passos de 1A, o qual deve ser controlado com um integrado capaz de aguentar a corrente de 1A, tal como o L298N.

### Motor DC

A HP utiliza um motor “*Mabuchi*” para a deslocação dos tinteiros. Trata-se de um motor de 24V com um momento inicial elevado (1,83 kg.cm) que permite mover rapidamente os cartuchos durante a impressão. Nas aulas, todo o conjunto é utilizado pelos alunos para construir portões de correr automáticos. Trata-se de um exercício excelente, visto implicar a implementação de rotinas condicionais e de temporização no programa.

### Cabo LPT

O cabo LPT é útil no desenvolvimento de aplicações de controlo centradas no PC. A porta LPT1 fornece uma corrente de 5V em cada um dos oito fios do cabo, e este sinal pode ser utilizado para comandar relés de 5V, tais como o “*Finder 40.52*”, ou para ligar LEDs. Um programa simples realizado numa linguagem adequada, tal como o “*Qbasic*”, pode ligar e desligar o relé através do comando “*OUT &H378, 255*”, permitindo o controlo independente de oito aparelhos.

### CONCLUSÕES

Os quatro anos de experiência demonstram que os alunos estão dispostos a despende o seu tempo e desmontar os equipamentos electrónicos para a recuperação de componentes como parte de seu processo de aprendizagem. A partir de cada impressora, os alunos conseguem recuperar motores, sensores e cabos num valor de mercado de cerca de 70 €. Estes componentes fornecem recursos para a realização de diversos projectos de automação e robótica na sala de aula (Figura 4).

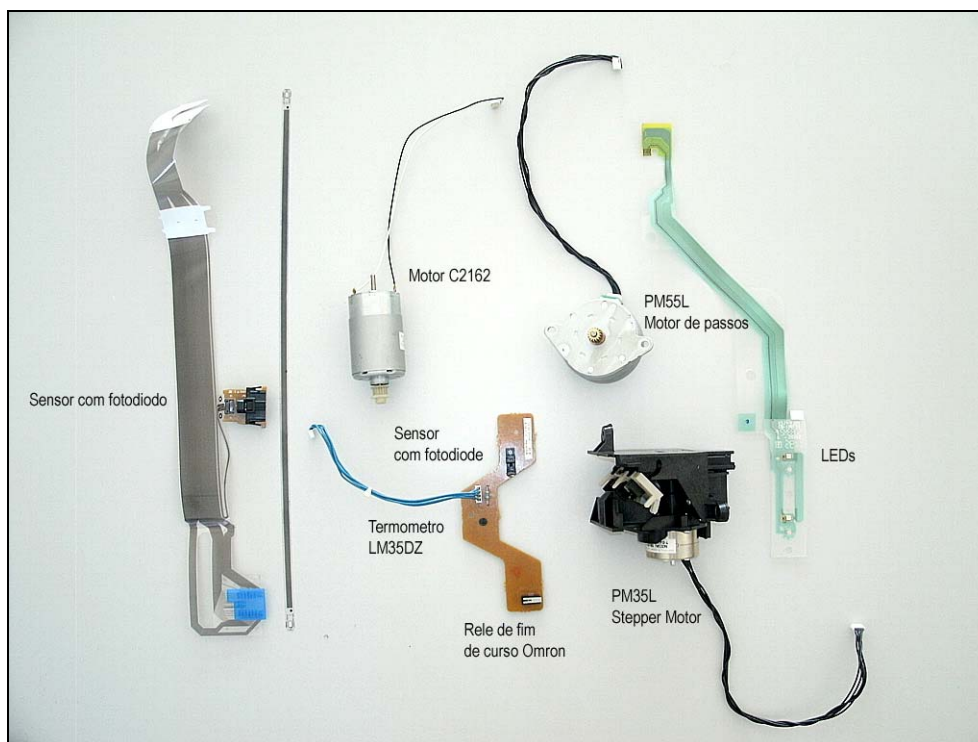


Figura 4. Peças electrónicas e electromecânicas principais recuperadas de uma impressora.

Os alunos também demonstraram interesse e disponibilidade para fazer um esforço adicional e desmontar e separar os restantes componentes com base no tipo de material e as marcações nos

plásticos. Este processo resulta na obtenção de 4500 g de material "puro" por impressora, além dos componentes úteis para os seus próprios projectos. A experiência também serviu para despertar ainda mais a preocupação ambiental dos alunos, muitos deles trazendo o seu próprio equipamento em fim de vida para o desmantelamento na universidade, outros procuram aconselhar-se sobre como usar o seu equipamento em fim de vida para implementar sistemas de automação simples em suas casas.

Do lado crítico, e analisando os componentes e o design destas impressoras, verifica-se que existe uma grande necessidade dos fabricantes desenvolverem e projectarem produtos limpos com maior duração de vida, que sejam fáceis de reparar, actualizar e reciclar. Neste caso particular, a forma como os materiais são misturadas, os tipos do parafuso e a dificuldade de aceder ao interior da impressora indicam claramente um esforço deliberado do fabricante para desencorajar a reparação e manutenção do equipamento. Isso parece ser contraditório com os vários programas de protecção ambiental da Hp para incentivar a reciclagem no fim de vida do seu equipamento. Além disso, a actual política da maioria dos fabricantes de impressoras para vender as suas impressoras quase ao mesmo preço que os cartuchos de tinta, incentiva a renovação frequente e desnecessária dos equipamentos e um maior impacto sobre o ambiente e os recursos naturais.

## **REFERENCIAS**

Bienvenu J. (2011) U.S. and Worldwide production color printer 2011-2015 forecast and 2010 vender shares. IDC Doc#229205.

Brigden K, Labunska I, Santillo D, Allsopp M. (2005), Recycling of electronic wastes in China and India: workplace and environmental contamination. Greenpeace Research Laboratories. Technical Note: 09/2005. 2005.

Degher A. (2002) , HP's worldwide take back and recycling programs: lessons on improving program implementation. International Symposium on Electronics and the Environment. p.224-227. 10.1109/ISEE.2002.1003270

Dillon P.S, Aqua E.N. (2000) Recycling Market Development for Engineering Thermoplastics from Used Electronic Equipment; Technical Report 20; Chelsea Center for Recycling and Economic Development, University of Massachusetts: Lowell, MA.

Klatt, S. (2003) Recycling personal computers, in. Computers and the environment: Understanding and Managing their Impacts. Edited by Kuehr and Williams, pp 211-229. Kluwer Academic Publishers.